



# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

### **Prevenção do Trauma Acústico em Músicos**

Manuel Tomás Farinha Carço

---

**Maio'2019**



# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

### **Prevenção do Trauma Acústico em Músicos**

Manuel Tomás Farinha Caroço

**Orientado por:**

Dr. Marco Simão

---

**Maio'2019**

## **Resumo**

O trauma acústico nos músicos é um fenómeno bem reconhecido e estudado pela Otorrinolaringologia. Todavia, constata-se que são poucos os profissionais da área da música ou da saúde que conhecem técnicas visando a sua prevenção. Este trabalho explora os métodos preventivos existentes, recorrendo a publicações científicas e opiniões de profissionais. Tem como objetivo definir a eficácia e as inconveniências de cada técnica à luz do quotidiano de um músico, considerando as normas de restrição da exposição sonora laboral em vigor.

O uso de dispositivos intra-auriculares dedicados, disponíveis no mercado, reduzem a exposição sonora até 9 dB, 15 dB ou 20 dB. Permitem a redução de intensidade sonora em magnitude igual em todo o espectro de frequências, ultrapassando as limitações dos dispositivos intra-auriculares convencionais. Quando usados de forma correta e personalizada, são um método extremamente eficaz e de fácil utilização.

As barreiras acústicas, empregues em orquestras profissionais, quando colocadas em posição adequada ao contexto orquestral, permitem a redução da intensidade sonora modulada (em dBALEQ) para valores abaixo dos limites impostos pela diretiva europeia de restrição da exposição sonora laboral.

São ainda referidas estratégias comportamentais empregues por músicos profissionais na sua prática diária. Destaca-se a escolha de um espaço amplo para ensaio e o limite de exposição aos ruídos ambientais.

Os métodos preventivos do trauma acústico nos músicos são eficazes e permitem uma melhoria da qualidade de vida e a manutenção de uma carreira musical longa e de alta performance.

Prevenção; trauma acústico; músicos; performance; orquestra.

## **Abstract**

Musicians' acoustic trauma is a well-known and studied phenomenon in Otorhinolaryngology. Nevertheless, it is also known that few musicians or physicians acknowledge techniques which aim to prevention. This paper describes the existing preventive methods, based on scientific publications and experts' opinion. The main goal is to define the efficacy and disadvantages of each preventive method, considering the musicians' routine and the latest legislation on noise restriction.

The use of specific intra-auricular devices, available on the market, reduces noise exposure in 9 dB, 15 dB or 20 dB. These devices allow the decrease of the sound intensity in equal magnitude on a full range of frequencies, overcoming the handicaps of the conventional devices. When used in an accurate and personalized manner, they represent an extremely effective and easy to use preventive method.

The acoustic screens, used in professional orchestras, when placed in the correct setting, allow the decrease of the equivalent steady state A-weighted sound level (dBALEQ) to quantities below the numbers imposed by the European legislation.

This paper also mentions behavior strategies used by professional musicians on their quotidian. Choosing a wide chamber to practice and avoiding environmental noise is emphasized.

Preventive techniques of acoustic trauma on musicians are effective and outcome in a major improve in life quality and maintenance of a long and high performance musical career.

Prevention; acoustic trauma; musicians; performance; orchestra.

O Trabalho Final exprime a opinião do autor e não da FML.

## Conteúdo

<b>Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>Caracterização do ruído em música .....</b>	<b>8</b>
<b>Critérios de risco-dano .....</b>	<b>9</b>
<b>Métodos Preventivos .....</b>	<b>12</b>
<b>Dispositivos Auriculares de Atenuação de Som .....</b>	<b>12</b>
<b>Problemas do uso de dispositivos auriculares industriais em músicos.....</b>	<b>12</b>
<b>Os Dispositivos Auriculares Adaptados .....</b>	<b>13</b>
<b>Superfícies de Barreira Acústica .....</b>	<b>16</b>
<b>Outros métodos adotados empiricamente por músicos profissionais .....</b>	<b>20</b>
<b>Conclusão .....</b>	<b>21</b>
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>23</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>24</b>



## Introdução

A exposição ao ruído excessivo é uma das principais causas da perda de audição. É estimado que aproximadamente 500 milhões de indivíduos possam estar em risco elevado de perda de audição induzida pelo ruído<sup>9,26</sup>

A exposição prolongada a ruído de alta intensidade associa-se a dano das células sensoriais do ouvido interno e alteração permanente do “*threshold*” auditivo. Está também provado que a exposição a ruído é causa de acúfenos, o que pode estar associado a alterações na função auditiva central.<sup>26</sup>

A perda de audição associada ao ruído interfere com a qualidade de vida do adulto, e constitui uma limitação maior, tanto nas atividades da vida diária comuns, como na atividade profissional<sup>9,13</sup>

De acordo com estudos recentes, músicos de orquestra profissionais são, frequentemente, expostos, durante a sua atividade profissional, a som de intensidade que ultrapassa os limites impostos pela diretiva 2003/10/EC da Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho.<sup>14,18,21</sup> No entanto, há evidência de que nem todo o tipo de músico de orquestra está exposto a este risco, dependendo de múltiplos fatores que serão descritos adiante. Ademais, existem dispositivos vários disponíveis no mercado que atentam reduzir ou eliminar o trauma acústico associado à música, bem como outras estratégias desenvolvidas empiricamente pelos profissionais da área. Assim sendo, este trabalho tem como objetivos:

- 1- Caracterizar, brevemente, o dano auditivo em músicos.
- 2- Resumir os métodos de prevenção disponíveis: dispositivos intra-auriculares, barreiras acústicas, medidas comportamentais e empíricas.
- 3- Investigar publicações em revistas e jornais de renome entre músicos e audiologistas.
- 4- Sugerir prevenção ideal, atendendo sempre às implicações de cada método na atividade profissional do artista e facilidade de utilização; recomendar prevenção ideal para cada tipo de instrumentista, criando um modelo personalizável e simples de aplicar.

### Caracterização do ruído em música

O ruído é considerado um som desagradável, incomodativo, que interfere com a qualidade de vida do ouvinte. Contudo, é de salientar que um mesmo som pode ser interpretado como um ruído ou não por indivíduos diferentes. Tal associa-se ao estado de espírito e contexto de cada pessoa em relação ao som. O ruído é, hoje em dia, considerado a segunda causa mais prevalente de perda auditiva neurossensorial.<sup>1,6,20</sup>

De acordo com Olazábal et al<sup>20</sup>, um som (tomando este termo no sentido restrito) pode-se distinguir de um ruído pelas suas características físicas e referência do ouvinte relativamente à fonte. Um som é uma sensação agradável, produzida por movimentos vibratórios periódicos, de altura definida e de proveniência fácil de estabelecer. Um ruído, pelo contrário, é uma “*sensação*” frequentemente desagradável, produzida por movimentos aperiódicos (de altura irregular, frequência mal definida), de altura imprecisa e proveniência incerta. É certo que a maioria dos instrumentos musicais produz som e ruído em simultâneo, mas é também verdade que a intensidade deste último é menor que a do primeiro. No entanto, também o ruído caracteriza o instrumento musical.<sup>20</sup>

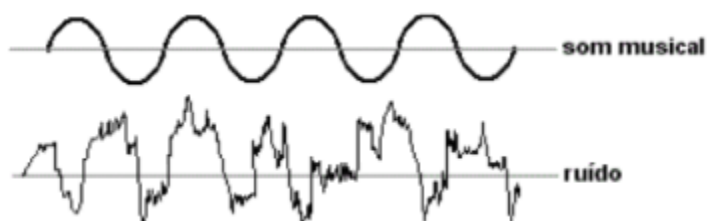


Figura 1– Onda de som musical e Onda de ruído<sup>20</sup>

O conceito de música é hoje muito debatido. A música será a forma de arte associada à audição e som. A combinação de sons e ruídos para uma composição musical é de tal maneira subjetiva que não pode ser descrita de forma imparcial. Mozart apresentará uma definição de música diferente de Schoenberg, compositor pioneiro do sistema atonal e que chega a compor quarteto de cordas com o “ruído” de quatro helicópteros incluído na sua música. John Cage, compositor contemporâneo, recorre aos sons do meio em que se realiza a execução da obra, incluído o ruído emitido por carros, televisões e outros sons que surgem aleatoriamente, para enriquecer a sua peça musical.<sup>20</sup>

A exposição a um ruído de alta intensidade pode gerar, subitamente, uma perda auditiva definitiva. Para além disso, a exposição um ruído de forma prolongada pode causar desvio temporário do limiar auditivo (DTLA) (resolve em minutos pós-exposição) ou desvio



permanente do limiar auditivo (DPLA) (definitivo e não reverte).<sup>1</sup> A fisiopatologia inerente a este último processo relaciona-se com a destruição das células ciliadas presentes no órgão de Corti.

Outros distúrbios da audição podem acompanhar a perda auditiva. Os zumbidos, ou acúfenos, são um dos primeiros efeitos e sinais de deterioração auditiva. O acúfeno é uma sensação sonora que não se relaciona com presença de um estímulo externo. Pode ser uni ou bilateral.<sup>6</sup> Encontra-se próximo da frequência em que há menor acuidade auditiva. Também a hiperacusia entra neste quadro, com aumento da sensibilidade da intensidade dos sons, causando desconforto para sons não incomodativos na população normal. A distorção pode suceder, com interpretação errada de sons, diferente da forma original.

Apesar da subjetividade inerente à definição de ruído, a música é fonte de exposição sonora e os executantes são frequentemente expostos a uma intensidade de som que supera os limites impostos pela Diretiva Europeia relativa à exposição ocupacional ao ruído.<sup>17</sup> A exposição sonora em músicos varia de acordo com o tipo de instrumento e repertório executado, bem como espaço de estudo, medidas preventivas e grupo de conjunto musical.

### Critérios de risco-dano

A literatura é ambígua nestes critérios, não sendo possível determinar, com exatidão, um critério risco-dano universal. Contudo, apresento duas escalas propostas por duas entidades diferentes: OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) e NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*).

**Allowable Daily Exposure (OSHA and NIOSH)**

source level in dB	85	88	90	92	94	95	97	100	105	110	115	120
OSHA	16		8	6		4	3	2	1	½	¼	⅛
NIOSH	8	4			1	½	¼					

© 1994 by Ergonomics Research, Inc. Used with permission.

**Figura 2 – Exposição Sonora Diária Permitida em Ambiente Laboral – OSHA e NIOSH**

Com base nesta tabela, verificamos que a NIOSH apresenta um critério mais conservador: considerando, por exemplo, uma exposição de 95 dB, a NIOSH propõe como seguro um máximo de 45 minutos diários. Já a OSHA apresenta um valor de 4 horas diárias. Destaco

que a redução da exposição em 10 dB (para 85dB) permite um aumento significativo do tempo de exposição diário ao som considerado como seguro.

Tanto a OSHA como a NIOSH são entidades norte-americanas dedicadas à elaboração de normas de saúde ocupacional. Pertencendo à União Europeia, Portugal não segue estas recomendações, baseando-se nas diretivas do Parlamento Europeu.

### ***“DIRECTIVA 2003/10/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO***

*Valores-limite de exposição e valores de exposição que desencadeiam a acção*

*1. Para efeitos da presente directiva, os valores-limite de exposição e os valores de exposição que desencadeiam a acção no que se refere aos níveis de exposição sonora diária e à pressão acústica de pico são fixados em: a) Valores-limite de exposição:  $LEX,8h = 87 \text{ dB(A)}$  e  $p_{peak} = 200 \text{ Pa}$  (1), respectivamente; b) Valores de exposição superiores que desencadeiam a acção:  $LEX,8h = 85 \text{ dB(A)}$  e  $p_{peak} = 140 \text{ Pa}$  (2) respectivamente; c) Valores de exposição inferiores que desencadeiam a acção:  $LEX,8h = 80 \text{ dB(A)}$  e  $p_{peak} = 112 \text{ Pa}$  (3) respectivamente.*

*2. No âmbito da aplicação dos valores-limite de exposição, a determinação da exposição sonora efectiva do trabalhador deve ter em conta a atenuação proporcionada pelos protectores auriculares individuais usados por este. Os valores de exposição que desencadeiam a acção não devem ter em conta o efeito destes protectores*

*DIRECTIVA 2003/10/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 6 de Fevereiro de 2003 relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (ruído) (Décima sétima directiva especial na acepção do n.º 1 do artigo 16.º da Directiva 89/391/CEE)”*

Os resultados de intensidade sonora são apresentados em unidades dBALEQ.  $Leq/Lex$  (*Equivalent Continuous Level*) representa o som que conteria a mesma quantidade de energia que o som variável no tempo emitido por esta fonte sonora.

Considerando a Diretiva Europeia acima exposta, o valor limite de exposição, para um trabalho diário de oito horas, com proteção auricular, é de 87 dBALEQ e pressão de pico de 200 Pa.

A Diretiva explora a necessidade de uso de proteção auricular, e adianta que a partir de valores de exposição diária de 85 dBALEQ e pressão de pico de 112 Pa se torna recomendado o uso de dispositivos auriculares de atenuação de som.

*“As características particulares dos sectores da música e do entretenimento requerem orientações práticas que permitam a efectiva aplicação das disposições constantes da presente directiva. Os Estados-Membros devem poder dispor de um período de transição para a elaboração de um código de conduta que faculte orientações práticas que ajudem os trabalhadores e as entidades patronais destes sectores a observar os níveis de protecção estabelecidos na presente directiva.”*

Estas recomendações não são diretamente aplicadas ao músico pelas seguintes razões:

1. Diferente natureza do ruído: o ruído industrial tem carácter contínuo, enquanto a música (que varia em função do cenário, repertório e conjunto) tem períodos de intensidade variável, com exposição intermitente, e períodos de silêncio. Por esta razão, o ruído em música tem uma menor associação com o trauma acústico que o ruído industrial.<sup>9</sup>
2. Como indica a diretiva europeia, não é fácil implementar estes critérios de proteção auditiva em músicos, pela sua complexidade e falta de consciencialização para o tema.

No entanto, estas normas permitem gerar uma noção da necessidade de recurso a métodos de prevenção de trauma acústico em ambientes ruidosos e, sobretudo, da importância e valor de um dispositivo auricular e outros métodos preventivos que possam permitir reduzir significativamente o dano sem grandes custos associados.<sup>14</sup>

## Métodos Preventivos

### Dispositivos Auriculares de Atenuação de Som

#### **Problemas do uso de dispositivos auriculares industriais em músicos**

##### **1. Atenuação de sons de alta frequência**

O ouvido humano possui, como todos os sistemas físicos, uma frequência natural, ou seja, uma frequência a que as suas partículas tendem a vibrar na ausência de qualquer força atenuante ou contrariante.<sup>14</sup>

O som é um conjunto de vibrações emitido por uma fonte sonora, propagando energia. A sua frequência corresponde ao número de vibrações por segundo.

Quando a frequência de um som se aproxima da frequência natural do ouvido humano, o sistema ouvido vai oscilar com mais amplitude do que para outras frequências, gerando Ressonância.<sup>14</sup>

A inserção de um dispositivo de proteção auricular convencional no ouvido humano anula o pico de ressonância natural do sistema (2700 Hz). Este déficit associado às propriedades naturais de atenuação do ouvido provocam uma perda auditiva nos sons agudos que varia entre 15dB e 20dB.<sup>14</sup> Os sons audíveis tornam-se abafados, mal perceptíveis.

A maioria dos sons emitidos por instrumentos acústicos são tons complexos, constituídos por uma frequência fundamental e por sons harmónicos, em frequências múltiplas por números inteiros da frequência fundamental. Todavia, o ouvido humano não capta de forma distinta as diferentes frequências, compreendendo o som com um timbre, resultado da junção de todos os harmónicos.

A maior parte dos instrumentos musicais apresenta uma grande proporção da energia do seu som acima de 1000 Hz de frequência, com harmónicos que são mais intensos que a fundamental.<sup>28</sup> Estes harmónicos de alta frequência são essenciais à percepção da música e do timbre do instrumento.

Dispositivos de atenuação comuns bloqueiam os harmónicos de alta frequência, destruindo o balanço tonal, e provocando uma diminuição da performance artística, com consequente aumento da intensidade da execução para compensar o déficit auditivo.

## **2. Atenuação excessiva de som**

Um músico necessita de ouvir bem o seu instrumento enquanto toca, bem como o instrumento dos colegas de conjunto. Os protetores auditivos industriais não só distorcem o som, como o atenuam excessivamente. Dispositivos de espuma podem atenuar o som em 30-40 dB, injustificadamente elevados para o cenário em questão. Consequentemente, ocorrerá o fenómeno de *overplaying*, com a procura de maior intensidade na execução para manter a performance. Nos percussionistas, o fenómeno mencionado pode resultar em lesões no pulso e antebraço.<sup>3, 14</sup>

## **3. Efeito de oclusão**

Para sons gerados pelo executante, há condução do sinal pelo maciço facial e base do crânio até à estrutura óssea do canal auditivo externo. A vibração do dispositivo associada a vibração óssea leva a uma amplificação do sinal, com aumento da pressão sonora internamente ao dispositivo de atenuação. Resulta em danos de sobre-exposição. Pode ser resolvido com dispositivos auriculares que se ajustem bem à estrutura óssea do canal. Este efeito nem sempre é um problema: manifesta-se em instrumentos que são executados em contacto direto com a face, ou em vocalistas. Até pode ser desejável o efeito de oclusão, em intensidade moderada, para um melhor controlo da voz em cantores. O efeito pode ser modulado com a construção personalizada de dispositivos auriculares que não assentem perfeitamente na estrutura óssea do canal auditivo externo, mas com folga ajustada.<sup>3, 14</sup>

### **Os Dispositivos Auriculares Adaptados**

Elmer Carlson, engenheiro na empresa *Knowles Electronics*, desenhou e patenteou o primeiro dispositivo auricular de proteção dedicado ao músico, de alta-fidelidade. Carlson replicou o efeito do som no ouvido livre para que a música retivesse as mesmas características no ouvido protegido.<sup>3</sup>

Em 1985, Mead Killion, PhD, fundador e presidente da *Etymotic Research*, empresa que se dedica à prevenção do trauma acústico em músicos, conclui que há necessidade de comercializar o dispositivo de Carlson, depois de ter trabalhado como consultor com a Orquestra Sinfónica de Chicago. O dispositivo foi lançado no mercado com o nome “*Musicians Earplugs*©”.<sup>3, 14</sup>



Figura 3 – *Musicians Earplugs*™ - dispositivos de uso intra-auricular, de molde personalizável.

Este dispositivo é constituído por duas partes:

- Botão atenuador: apresenta um diafragma que funciona como barreira acústica
- Molde: porção personalizável, que se adapta ao canal auditivo, oca, formando uma massa de ar que funciona como massa acústica.

A combinação destes dois elementos resulta num pico de ressonância a aproximadamente 2700 Hz, tal como o ouvido livre, com uma diminuição de igual grau de intensidade em todas as frequências e manutenção de uma audição perfeita, atenuada.

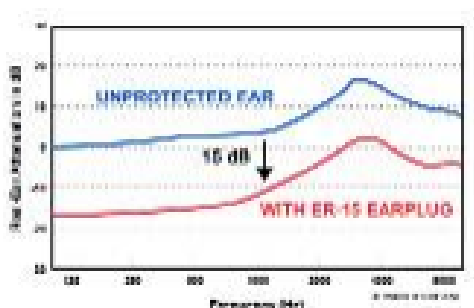


Figura 4 – Exemplo de atenuação sonora linear conferida através do uso dos dispositivos ER-15

Foram lançados três modelos: ER-9, ER-15 e ER-20.

O modelo ER-9 oferece proteção de 9 dB em frequências baixas e de 14-15 dB a frequências altas. Os modelos ER-15 e ER-20 oferecem proteção de 15 dB e 20 dB, respetivamente.<sup>14</sup>

O músico deve escolher o modelo a usar de acordo com o repertório, instrumento e ambiente. Foi lançada uma tabela pela empresa mãe do dispositivo, recomendando o uso de diferentes versões do aparelho de acordo com o cenário musical considerado.



Figura 5 – Dispositivo ER-20, desenvolvido pela *Etymotic Research*© e pela *Aearo Corp*©. Dispositivo ER-15 apresenta o mesmo *design*.

### Which Musicians Earplug is Right for You?

	ER•9*	ER•15*	ER•25*	ETY•Plugs	ER•20XS	Music•PRO	Harmful Sound Comes From:
Small strings	●	●		●	●	●	Own instrument, other strings
Large strings	●	●		●	●	●	Brass
Woodwinds		●		●	●	●	Brass, percussion
Brass		●	●	●	●	●	Own instrument, other brass
Flutes		●		●	●	●	Percussion
Percussion		●	●	●	●	●	Own instruments, other percussion
Vocalists	●	●		●	●	●	Own voice, speakers, monitors
Acoustic guitar	●	●		●	●	●	Drums, speakers, monitors
Amplified instruments		●	●	●	●	●	Speakers, monitors
Marching bands		●		●	●	●	Multiple sources
Music teachers		●		●	●	●	Multiple sources
Recording engineers		●		●	●	●	Speakers, monitors
Sound crews		●		●	●	●	Speakers, monitors

\*Ref: Chasin, M. *Musicians and the Prevention of Hearing Loss*. Singular Publishing Group

Tabela 1 - Tabela guia para escolha do dispositivo intra-auricular de proteção mais adequado ao contexto musical específico<sup>(3)</sup>

A moldagem do produto deve ser feita por um audiologista e durante a execução do instrumento, para uma melhor adaptação do molde às condições de performance.

A falta de informação e de interesse no tema torna o uso destes dispositivos invulgar. O receio de redução da qualidade da *performance* e o incómodo de tornar este método de proteção auditiva como uma rotina são fatores que explicam a sua baixa popularidade.<sup>3,19</sup>

### Superfícies de Barreira Acústica

Este é um método de proteção auditiva usado em ambiente de orquestra. A disposição das superfícies de barreira acústica, o material e o *design* usados na construção da estrutura são fatores de relevo para o sucesso do método.<sup>12</sup>

No estudo indicado, estes dispositivos são compostos por um painel de madeira, assente numa base metálica, e um painel em acrílico (*Perspex*®) no topo da estrutura. A localização mais favorável destas estruturas é em frente à secção dos instrumentos metais, tendo em conta a elevada intensidade sonora atingida pelo som fabricado neste naipe.<sup>7</sup>



Figura 6 – Painel acústico, usado em contexto orquestral

Os fatores a modular para otimizar a função das barreiras acústicas são:

- A altura do painel de acrílico
- A distância da fonte de som ao ouvinte/músico a receber proteção
- A posição do painel de acrílico

O uso destes painéis já se verifica há largos anos. No entanto, O'Brien et al descrevem, no seu trabalho dedicado a estas ferramentas<sup>12</sup>, o uso incorreto destas estruturas, apontando os seguintes problemas:

- Painéis de grande área funcionam como importantes superfícies refletoras do som, aumentando a exposição sonora dos músicos da secção dos metais e magnificando o dano auditivo nos mesmos. Ademais, destaca-se também que a capacidade refletiva/absortiva do painel pode ser desvantajosa, pela redução excessiva do volume sonoro do naipe, promovendo um esforço significativo dos músicos para



projeção correta do som para a plateia, podendo culminar em lesões dos executantes

- Todavia, foi demonstrado<sup>12</sup> por Libera et al que o uso de painéis de pequena área é ineficaz, pela dificuldade de posicionamento do músico relativamente à estrutura (deverá encontrar-se muito perto do painel) e restrição de movimentos imposta para eficácia do método
- Um painel pode obstruir a linha de visão entre o executante em causa e o maestro ou o resto da orquestra.

De acordo com O'Brien et al, até ao momento, não existem painéis acústicos criados que ultrapassem os problemas supramencionados. É sugerida a solução de projetar um painel capaz de uma combinação de difusão e reflexão do som. A difusão pode ser usada para dispersar o som e evitar a reflexão direta para o executante. A reflexão, num ângulo correto, pode também evitar a reflexão indesejada e potenciar a projeção sonora para fora do fosso orquestral, em direção à plateia.

No estudo de O'Brien et al.,<sup>19</sup> foi montado um esquema de teste (*ver figura 7*) para estudar a eficácia e risco do uso de painéis acústicos em ambiente de orquestra, na posição anterior ao naipe dos metais. Voluntariaram-se dois executantes de trompete, e foram dispostos três microfones no fosso de orquestra: dois a 100 mm do ouvido de cada um dos executantes; e um à frente dos painéis estudados. Foram testadas as seguintes disposições (*ver figura 8*):

- Painel com *screen* longo (800mm de altura)
- Painel com *screen* curto (400 mm de altura)
- Painel sem *screen*
- Sem painel

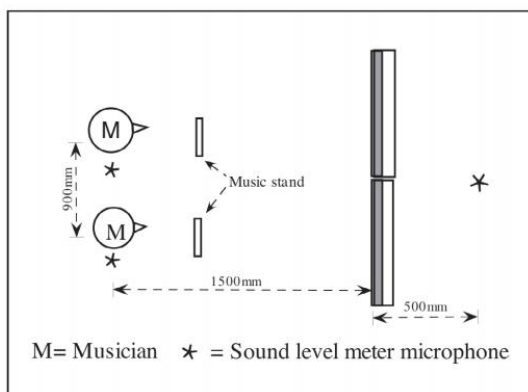


Figura 7 - Ilustração do método de gravação

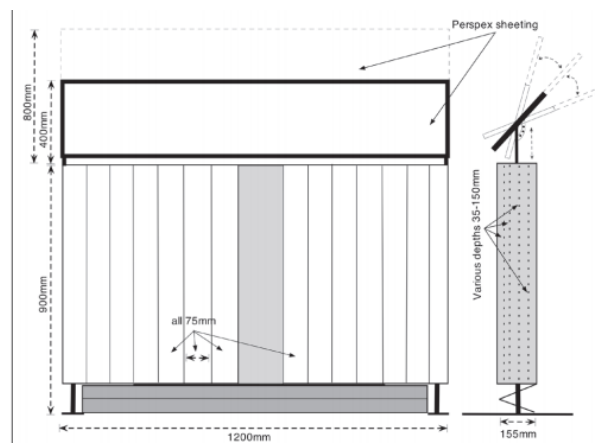


Figura 8 – Ilustração dos Painéis Orquestrais difuso/refratores

Os músicos executaram um excerto de orquestra repetidamente, tomando a mesma dinâmica e interpretação para cada disposição empregue. Foi também registada a exposição sonora usando um “Ruído Rosa” de 80 dBA emitido na posição da primeira trompete.

Os resultados de intensidade sonora são apresentados em unidades dBALEQ. Leq (*Equivalent Continuous Level*) representa o som que conteria a mesma quantidade de energia que o som variável no tempo, emitido por esta fonte sonora (trompete ou “ruído rosa”).

De acordo com os resultados de O’Brien et al<sup>19</sup>, o método que revela mais eficácia na redução da exposição ao som dos metais pelos músicos imediatamente anteriores na posição da orquestra é o “Long Screen” (painel de maior área estudado). Ademais, não se verificou um aumento da exposição ao som pela secção dos metais no estudo em causa para nenhum tipo de painel estudado.

Position	No Screen	Base Only	Short Screen	Long Screen
Trumpet 1 right ear (range)	103.6 (0.6)	103.3 (0.5)	103.3 (1.4)	102.3 (1.4)
Trumpet 2 right ear (range)	101.1 (0.2)	100.6 (0.4)	100.9 (0.6)	101.2 (0.8)
Screened position (range)	97.3 (0.3)	96.7 (0.3)	93.6 (0.5)	91.9 (0.5)
Difference between trumpet 1 and screened position	6.3	6.6	9.7	10.4
Effective attenuation by screen	--	0.3	3.4	4.1

Tabela 2 – Fonte sonora – dueto de trompetes. Dueto foi executado três vezes em cada posição, com resultados apresentados em média aritmética. Os dados são apresentados em dBALEQ.

Table 3. Sound source - pink noise at 80 dBA, various screen positions. All data is presented in dBALEQ. (\* positioned slightly behind the sound source)

Position	No Screen	Base Only	Short Screen	Long Screen
Reference microphone	80	80	80	80
Trumpet 1 position*	72	72.1	72.1	72.2
Trumpet 2 position*	67.8	67.9	68.1	67.9
Screened position	65.4	65.2	61.1	59.6
Difference between reference and screened position	14.6	14.8	18.9	20.4
Effective attenuation by screen	--	0.2	4.3	5.8

**Tabela 3 – Fonte sonora – “Ruído Rosa” a 80 dB. Dados apresentados em dBALEQ.**

O uso dos painéis com *Long Screen* providencia uma melhor proteção auditiva. No entanto, pela obstrução da linha visual entre os músicos e o maestro, prefere-se o uso de painéis *Short Screen*.

De acordo com os resultados apresentados, e atendendo à diferença entre a intensidade do som junto ao ouvido do executante e a intensidade do som medida a dois metros do executante no esquema *No Screen*, destaca-se a pertinência da distância entre o músico exposto e a fonte sonora a atenuar.

A combinação de um painel eficaz e não limitante no campo visual (*Short Screen*) com a manutenção de uma distância mínima entre o naipe dos metais e os músicos imediatamente anteriores na posição orquestral permite o cumprimento das normas de ruído já mencionadas (“*DIRETIVA 2003/10/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO*”), considerando a modulação da intensidade sonora para dBALEQ e tempo de exposição, com todas as reservas legítimas que este cálculo apresenta na exposição deste contexto específico.<sup>12</sup>

Estes painéis também podem ser dispostos posteriormente ao naipe das trompas (secção dos metais), numa angulação que permita a reflexão do som para longe dos músicos, sobretudo em ambientes que apresentem materiais muito absorvivos nessa posição. Esta técnica permite maior facilidade de projeção de som (sobretudo, em performances em fosso de orquestra) e menor necessidade de executar um volume sonoro superior.

Falta investigar se o uso destes painéis está associado a um aumento da exposição sonora aos músicos a proteger enquanto executam grandes volumes de som.<sup>12</sup>

### Outros métodos adotados empiricamente por músicos profissionais

Baseando-se também este trabalho em artigos publicados em diversas revistas de renome entre os músicos, foi possível identificar outros métodos preventivos adotados empiricamente pelos profissionais. A pertinência destas técnicas prende-se no desconhecimento por parte da comunidade científica do quotidiano de um músico e da dificuldade de emprego de alguns métodos sugeridos e da viabilidade de outros preferidos.

A manutenção de uma distância segura entre músicos que emitem grande volume sonoro e o executante, permite reduzir significativamente a energia sonora recebida, como já referido anteriormente.<sup>12</sup>

Moderar o volume de som produzido durante o estudo individual permite reduzir a exposição sonora. Ademais, é essencial a escolha de um local de acústica “seca”, evitando espaços pequenos revestidos a materiais de superfície lisa e refletora do som – *“the smaller the room, the greater the risk”*.<sup>7</sup>

Minimizar a exposição ao ruído extralaboral, usando tampões auditivos e evitando locais de elevado ruído ambiental.

Alternar o repertório ensaiado, em grupo e individualmente, entre peças de maior volume sonoro e obras que oferecem menor exposição.

Evitar colocar superfícies absorventes do som sob os violinistas, uma vez que estas reduzem a intensidade sonora nas altas frequências, promovendo um maior esforço físico e auditivo do violinista que produz sons de maior intensidade para compensar a perda de som nesse espectro acústico.<sup>7</sup>

A vocalização de um som previamente à audição de um ruído forte previsível estimula o reflexo do estapédio, diminuindo a energia transmitida à cóclea e reduzindo o possível dano acústico resultante. Este método carece de estudos científicos que provem a sua eficácia.<sup>7</sup>

## Conclusão

O trauma acústico em músicos é um fenómeno estudado em Otorrinolaringologia e bem reconhecido. A exposição a sons de alta intensidade durante um prolongado período de tempo fomenta o desenvolvimento de sintomas auditivos, como a perda auditiva, acufenos, diplacusia e hiperacusia.

A natureza do ruído percecionado na atividade musical difere do ruído ocupacional industrial, na medida em que a intensidade do ruído musical é variável, dependendo do repertório em questão, e nunca contínuo. Ademais, a atividade quotidiana de um músico define o padrão de sons percecionados, dependendo do tipo de obra e instrumento executado, tempo e espaço de prática diária, tempo de repouso, exposição extralaboral ao ruído e uso de métodos preventivos de trauma acústico. A generalidade das investigações realizadas com recurso a dosímetro sonoro em vários grupos musicais, incluindo as orquestras sinfónicas, revela que a maioria dos grupos está exposto a níveis de pressão sonora acima do limite permitido de exposição sonora, considerando os 85 dBALEQ, referidos na Diretiva Europeia em vigor (2003/10/CE).

Os dispositivos de uso intra-auricular de atenuação de som convencionais apresentam múltiplas desvantagens que tornam a sua utilização inviável em qualquer contexto musical.

Os dispositivos de uso intra-auricular de atenuação de som adaptados à prática musical representam um método preventivo extremamente eficaz e de utilização viável. Quando usados de forma correta e personalizada ao utilizador e contexto, não comprometem a performance artística. Mitos e preconceitos acerca deste tipo de dispositivo tornam o método pouco vulgarizado entre músicos.

Os painéis acústicos usados em contexto orquestral são eficientes na prevenção do trauma acústico dos músicos posicionados anteriormente aos mesmos, quando dispostos em frente a uma secção de instrumentistas emissores de grande volume sonoro. A distância entre os painéis e a disposição dos músicos deve ser bem estudada antes da colocação das barreiras em questão, sob risco de potenciar dano acústico nos executantes que se encontram atrás dos painéis.

A escolha de repertório a praticar diariamente considerando o volume sonoro produzido e calculando períodos de repouso durante a prática do instrumento reduz a exposição sonora, funcionando como método preventivo eficaz.

A preferência por espaços amplos e de acústica seca para estudo individual do instrumento permite reduzir a exposição sonora, sendo também este um método preventivo a destacar.

Outros métodos preventivos empiricamente adotados por alguns músicos, como a vocalização, carecem de estudos científicos que suportem o uso. Não obstante, não é possível descartar esses métodos por ineficácia, uma vez que não foram testados.

Em suma, será urgente difundir a pertinência das técnicas de prevenção do trauma acústico em músicos, dada a relevância da patologia e sintomas resultantes da prática musical danosa ao ouvido. Recomenda-se a difusão dos métodos de prevenção pelos conservatórios e escolas de música, alertando os discentes e docentes para a educação para a saúde. Propõe-se ainda a organização de sessões de formação sobre trauma acústico em músicos nas orquestras, ensinando novas técnicas preventivas e recolhendo informação sobre técnicas já em prática.

## Agradecimentos

A conclusão deste Trabalho Final de Mestrado deve muito a importantes apoios e incentivos. O cultivo de um projeto deste cariz não cria raízes sem ter solo, nem cresce sem espaço para ganhar forma.

Ao Professor Doutor Óscar Dias e ao meu orientador, Dr Marco Simão, pela disponibilidade, atenção e, sobretudo, gosto pelo ensino e visão futurista. Obrigado pelas palavras de incentivo e força, cruciais para a elaboração deste trabalho.

À Dra Luísa Pinheiro pela ajuda e interesse no tema. Devo muita inspiração à sua tese de mestrado escrita sobre o tema “Exposição à música nas orquestras: consequências na audição e prevenção”.

O meu interesse pela Medicina e pela Música em muito devo aos meus pais, que sempre me motivaram a trabalhar os meus gostos e paixões.

À minha irmã, por ter sido companheira e amiga em todos os momentos do curso, pela sua coragem exemplar e dedicação.

Aos meus tios, João e Luísa, por todo o carinho, hospitalidade e atenção que me dedicaram durante estes seis anos, fundamentais ao meu percurso académico.

À Orquestra Médica de Lisboa e à Orquestra Académica da Universidade de Lisboa pelos anos em que me acompanharam na minha carreira musical e artística.

Ao Sebastião Martins, pela sua inesgotável dedicação à música e convites incessantes para executar as suas obras originais e peças intemporais.

A todos os meus amigos e colegas que fiz durante este percurso: o Bernardo Marques da Silva, companheiro de todos os trabalhos e apresentações, homem de grande mérito e lealdade; o Jorge Rebola, companheiro de Erasmus e das aventuras por Itália; a Catarina Monteiro, pela paciência e amizade; a Margarida Guilherme, por me ter ajudado a concluir este trabalho e pelo carinho e apoio no último ano; ao Nuno Ribeiro, pelo companheirismo e empatia durante todo o meu percurso académico.

## Bibliografia

1. Amorim, R. B. (2008). Alterações auditivas da exposição ocupacional em músicos. *Arquivo Internacional de Otorrinolaringologia* 12(3):377-383.
2. Azevedo M., O. C. (2012). Audição de violinistas profissionais: estudo da função coclear e da simetria auditiva. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 17(1):73-7.
3. Chasin, M. (1996). Musicians and the Prevention of Hearing Loss. *Singular Publishing Group: San Diego, CA*.
4. Gonçalves, C. G. (2009). Percepção e o impacto da música na audição de integrantes de banda militar. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 14(4):515-20.
5. Gonçalves, C. G. (2013). Limiares auditivos em músicos militares: convencionais e altas frequências. *Revista CoDAS*, 25(2):181-187.
6. Henderson D, B. E. (2011). Noise-induced hearing loss: Implication for tinnitus. *Textbook of Tinnitus. Berlin: Springer Science + Business Media, LLC*, 301-9.
7. Horvath, J. (December de 2003). 10 ways for orchestral musicians to protect their ears. *The Strad*.
8. Johnson, A. A. (February de 2017). Custom hearing protection for musicians. *Hearing Review*. Obtido de <http://www.hearingreview.com/2017/02/historical-perspective-hearing-protection/>
9. Jr., J. J. (1993). Avaliação dos limiares auditivos de jovens e sua relação com hábitos de exposição à música eletronicamente amplificada. *Universidade de São Paulo*.
10. L., M. (1999). Ruído; Efeitos Extra-Auditivos no Corpo Humano.
11. Laitinen H., P. T. (2008). Questionnaire investigation of musicians' use of hearing protectors, self reported hearing disorders, and their experience of their working environment. *Int. J. Audiol.* , 47:160–168 .
12. Libera, R., & Mace, S. (2010). Shielding sound: A study on the effectiveness of acoustic shields. *Journal of Band Research*, 45; 23-41.
13. M., C. (1996). Musicians and the Prevention of Hearing Loss. *San Diego: Singular Publishing Group Inc*.
14. MC, K. (1993:415-433.). The Parvum Bonum, Plus Melius Fallacy in Earplug Selection; Proceedings of the 15th Danavox Symposium. Recent Developments in Hearing Instrument Technology. *Beilin J, Jensen GR, eds. GN ReSound; , 415-433*.



15. Mendes M., M. T. (2007). Exposição profissional à música: uma revisão. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 12, 63-69.
16. Namuur F., F. Y. (1999). Avaliação auditiva em músicos da Orquestra Sinfônica Municipal de São Paulo. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 65(5):390-5.
17. Niquette, M. (14 de March de 2018). Hearing Protection for Musicians. *The Hearing Review*, p. 11:01.
18. O'Brien I, W. W. (2008). Nature of orchestral noise. *J Acoust Soc Am*, 24:926-39.
19. O'Brien, I. &. (2013). Assessment of an acoustic screen used for sound exposure management in a professional orchestra. . *Acoustics Australia / Australian Acoustical Society*, 41. 149-155.
20. Olazábal T., A. R. (1998). *Acústica Musical Y Organología*. . Buenos Aires: Ricordi.
21. Pawlaczyk-Luszczynska M, D. A. (2010). Risk assessment of hearing loss in orchestral musicians. *Medycyna Pracy*, 61:493-511.
22. Pinheiro, L. (2018). Exposição à música nas orquestras: consequências na audição e prevenção. *Tese de Mestrado em Clínica de Otorrinolaringologia (Hospital de Santa Maria, Faculdade de Medicina da Univerisdade de Lisboa)*.
23. Pouryaghoub G., M. R. (s.d.). Noise-Induced hearing loss among professional musicians. *Journal of Occupational Health*, 59(1):33-37.
24. Rodrigues M. A., F. M. (2014). Evaluation of noise exposure of sumphonic orchestra musicians. *Noise Health*, 16(68):40-6.
25. Russo I. C. P., S. T. (1005). Um estudo comparativo sobre os efeitos da exposição à música em músicos de trios elétricos. *Revista Brasileira de Otorrinlaringologia*, 61:477-84.
26. Sliwinska-Kowalska M, D. A. (2012). Noise-induced hearing loss. *Noise Health*, 14:274-80.
27. Toppila E, K. H. (2011). Hearing loss among classical-orchestra musicians. . *Noise Health*, 13:45-50.
28. Zander M., S. C. (2008). Employment and acceptance of hearing protectors in classical symphony and opera orchestras. . *Noise Health*, 10, 14 10.4103/1463-1741.39004 .